

**MORFOLOGI GENTIAN DAN SIFAT KERTAS PEMUKULAN PULPA
PEROKSIDA BERALKALI DARIPADA TANDAN BUAH KOSONG
KELAPA SAWIT**

MOHD RIDZUAN HAFIZ BIN MOHD ZUKERI

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

2015

**MORFOLOGI GENTIAN DAN SIFAT KERTAS PEMUKULAN PULPA
PEROKSIDA BERALKALI DARIPADA TANDAN BUAH KOSONG
KELAPA SAWIT**

MOHD RIDZUAN HAFIZ BIN MOHD ZUKERI

Tesis ini diserahkan untuk memenuhi keperluan bagi Ijazah Sarjana Sains

MEI 2015

PENGHARGAAN

Semua pujian dan terima kasih hanya kepada Allah swt untuk semua petunjukNya, kasih sayangNya, galakanNya dan memberi kekuatan sepanjang perjalanan untuk menamatkan pengajian saya.

Penulis ingin merakamkan jutaan terima kasih dan penghargaan kepada penyelia utama, Dr. Arniza Ghazali di atas segala bimbingan berliu, buah fikiran, komen, kritikan, nasihat dan bantuan sepanjang penyelidikan ini dijalankan. Tanpa sokongan moral dan galakan berliu, menyelesaikan penyelidikan ini adalah suatu yang mustahil.

Penghargaan dan terima kasih juga diucapkan kepada kakitangan Bahagian Biosumber, Kertas dan Penglitup Pusat Pengajian Teknologi Industri USM, terutamanya kakitangan makmal bahagian pembuatan kertas dan pengujian kertas. Tidak dilupakan juga kepada kakitangan makmal mikroskop Pusat Pengajian Sains Biologi yang banyak memberi bantuan kepada penulis. Terima kasih juga diucapkan kepada rakan-rakan pelajar; Kak Rosnah, Kak Yunita, Hasanah, Amin dan Azli yang banyak membantu dalam menjayakan penyelidikan ini. Setinggi-tinggi penghargaan juga diucapkan kepada rakan-rakan pelajar yang lain di atas kemurahan hati mereka dalam memberi inspirasi dan tunjuk ajar yang berguna.

Akhir sekali, penulis ingin mengucapkan setinggi-tinggi penghargaan dan jutaan terima kasih kepada ibu bapa dan keluarga tersayang kerana banyak berkorban dan membantu penulis merealisasikan impiannya.

SENARAI KANDUNGAN

TAJUK	MUKA SURAT
PENGHARGAAN	ii
SENARAI KANDUNGAN	iii
SENARAI JADUAL	vi
SENARAI RAJAH	viii
SENARAI SINGKATAN	xi
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB SATU: PENGENALAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Objektif Penyelidikan .	4
BAB DUA: TINJAUAN LITERATUR	5
2.1 Sejarah Kertas	5
2.2 Teknologi Kertas Masa Sekarang	12
2.2.1 Biojisim Pembuatan Kertas	12
2.2.2 Potensi Biojisim Bukan-kayu sebagai Bahan Alternatif Pulpa dan Pembuatan Kertas	16
2.2.3 Kelebihan dan Kekurangan Penggunaan Biojisim Bukan- kayu untuk Industri Pulpa dan Pembuatan Kertas	21
2.3 Kelapa Sawit	24
2.3.1 Sejarah dan Sumber	25
2.3.2 Kepentingan dan Kontroversi	27
2.4 Tandan Buah Kelapa Sawit Kosong (EFB)	30
2.5 Pemulpaan	33

2.5.1	Pemulpaan Peroksida Beralkali (APP)	35
2.6	Pemukulan dan Pemukul	39
2.6.1	Kesan Pemukulan Terhadap Gentian Pulpa dan Kertas	43
2.6.2	Tinjauan literatur bagi kesan pemukulan gentian pulpa	45
2.7	Pengujian sifat-sifat Kertas	49
2.7.1	Pembentukan Kertas	49
2.7.2	Berat Asas atau Kegraman	50
2.7.3	Darjah Kebebasan	51
2.7.4	Ketebalan	52
2.7.5	Ketumpatan	53
2.7.6	Sifat Optik	55
2.7.7	Kekuatan Tensil	57
2.7.8	Kekuatan Pecahan	58
2.7.9	Rintangan Koyakan	59
	BAB TIGA: KAEDAH PENYELIDIKAN	60
3.1	Aliran keseluruhan penyelidikan	60
3.2	Penyediaan bahan mentah	61
3.3	Proses Pemulpaan	62
3.3.1	Impregnasi Peroksida Beralkali	62
3.3.2	Proses Penghalusan	64
3.4	Penskrinan Pulpa	64
3.5	Pemukulan Pulpa	65
3.6	Analisis Kualiti Gentian	67
3.7	Pembuatan Kertas Makmal	67
3.7.1	Penyediaan Stok Pulpa	67

3.7.2	Pembuatan Kertas	68
3.8	Pengujian Kertas Makmal	69
3.9	Mikroskop Pengimbas Elektron (SEM) dan Mikroskop Cahaya (LM)	71
BAB EMPAT: KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN		72
4.1	Sifat-sifat Gentian Pulpa	72
4.1.1	Peratusan Gentian Mengikut Dimensi	72
4.1.2	Kebebasan Pulpa	78
4.1.3	Ketumpatan	80
4.2	Sifat-sifat Optikal Kertas	85
4.2.1	Kecerahan	85
4.2.2	Kelegapan	87
4.3	Sifat-sifat mekanikal	90
4.3.1	Kekuatan Tensil	90
4.3.2	Kekuatan Pecahan	93
4.3.3	Rintangan Koyakan	98
BAB LIMA: KESIMPULAN DAN CADANGAN		100
5.1	Kesimpulan	100
5.2	Cadangan untuk Penyelidikan Masa Hadapan	102
RUJUKAN		103
LAMPIRAN		111
SENARAI PENERBITAN		119

SENARAI JADUAL

Muka Surat

Jadual 2.1:	Komposisi Kimia Gentian Bukan-kayu Umum berbanding Gentian Kayu Sumber: Han (1998)	15
Jadual 2.2:	Penghasilan Pulpa untuk Kertas Dunia (FAOSTAT, 2013)	17
Jadual 2.3:	Lima Negara Utama Penghasilan Pulpa Bukan-kayu Dunia. Sumber: FAOSTAT (2013)	18
Jadual 2.4:	Jumlah Penghasilan Pulpa Bukan-kayu Dunia. Sumber: FAO (2012 & 2013)	19
Jadual 2.5:	Kegunaan Gentian Bukan-kayu dalam Penghasilan Pulpa dan Pembuatan Kertas. (Atchison, 1989)	20
Jadual 2.6:	Keluasan Tanaman dan Pengeluaran Hasil Kelapa Sawit 2011-2012 (MPOB 2013)	28
Jadual 2.7:	Sifat-sifat Fizikal dan Mekanikal EFB	31
Jadual 2.8:	Komposisi Semula jadi Lignoselulosik Kelapa Sawit (Law et al., 2007)	32
Jadual 2.9:	Klasifikasi Proses Pemulpaan (Smook, 1992)	35
Jadual 2.10:	Tindakan Pemukulan dan Kesan (Mossello et al, 2010)	43
Jadual 2.11:	Nilai Kegraman Kertas (Pulp & Paper Resources & Information Site, 2011)	51
Jadual 2.12:	Ketebalan bagi Gred Kertas (Pulp & Paper Resources & Information Site, 2011)	52
Jadual 2.13:	Ketumpatan bagi Gred Kertas (Pulp & Paper Resources & Information Site, 2011)	54

Jadual 2.14:	Kecerahan bagi Gred Kertas (Pulp & Paper Resources & Information Site, 2011)	57
Jadual 2.15:	Kelegapan bagi Gred Kertas (Pulp & Paper Resources & Information Site, 2011)	57
Jadual 2.16:	Kekuatan Tensil Indeks bagi Gred Kertas (Pulp & Paper Resources & Information Site, 2011)	58
Jadual 2.17:	Kekuatan Pecahan bagi Gred Kertas (Pulp & Paper Resources & Information Site, 2011)	58
Jadual 2.18:	Rintangan Koyakan bagi Gred Kertas (Pulp & Paper Resources & Information Site, 2011)	59
Jadual 3.1:	Set Sampel Pulpa Mengikut Tahap Pemukulan Pulpa.	66
Jadual 3.2:	Pengujian kertas makmal	70
Jadual 4.1:	Peratusan Pecahan Dimensi Pulpa	74
Jadual 4.2:	Nilai Kebebasan	77
Jadual 4.3:	Peratusan Perubahan Kecerahan dengan Pemukulan	86
Jadual 4.4:	Peratusan Perubahan Kelegapan dengan Pemukulan	89
Jadual 4.5:	Peratusan Perubahan Kekuatan Tensil Indeks dengan Pemukulan	91
Jadual 4.6:	Peratusan Perubahan Kekuatan Pecahan dengan Pemukulan	94
Jadual 4.7:	Peratusan Perubahan Rintangan Koyakan dengan Pemukulan	99

SENARAI RAJAH

	Muka Surat
Rajah 1.1: Penggunaan kertas dalam kehidupan seharian.	3
Rajah 2.1: Kertas papirus (Anonymous, 2011b).	6
Rajah 2.2: (a) Pokok Papirus dan (b) cara pemotongan dan susunan papirus (Anonymous, 2011c).	7
Rajah 2.3: Penyebaran teknologi pembuatan kertas.	8
Rajah 2.4: Seni pembuatan kertas T'sai Lun (Hart, 1992).	9
Rajah 2.5: Penghasilan kertas dan produk berasaskan kertas dunia tahun 2006-2012. (FAOSTAT, 2013)	13
Rajah 2.6: Ladang Kelapa Sawit (GRAIN, 2007)	24
Rajah 2.7: (a) 10 Bahan Mentah Minyak Utama: Kawasan Tanaman (Jumlah = 258.9 juta hektar) dan (b) 17 Minyak & Lemak Utama: Pengeluaran Global (Jumlah = 164.45 juta tan metrik) pada tahun 2012. (Sumber: Oil World 2013).	26
Rajah 2.8: Pemilikan kawasan tanaman kelapa sawit 2012. (MPOB 2013).	28
Rajah 2.9: Kaedah pemukulan gentian terawal (Awagami Factory, 2012).	39
Rajah 2.10: (a) Mesin Pemukul Stempers dan (b) jenis kepala alu (Barrett, 2011).	41
Rajah 2.11: Mesin Pemukul Hollander (Anonymous, 2011d).	41
Rajah 2.12: Mesin Pemukul PFI Mill.	42
Rajah 2.13: Imej mikroskop imbasan elektron (SEM) (a) contoh pemfibrilan luaran pulpa kraf terluntur kayu lembut yang	

	dipukul menggunakan pemukul Valley (Kang, 2007). (b) pulpa dipukul dengan ikatan bahan seperti gel (Mou et al., 2013).	48
Rajah 2.14:	Contoh pembentukan kertas. (a) Pembentukan baik dan (b) pembentukan tidak baik.	50
Rajah 2.15:	Jenis plat pengukur ketebalan. (a) Plat lembut dan (b) plat keras.	52
Rajah 3.1:	Aliran keseluruhan penyelidikan.	60
Rajah 3.2:	(a) Berkas vaskular EFB yang telah dibersihkan, (b) Alat pengisar dan (c) Berkas vaskular EFB yang telah dikisar dan ditapis bersaiz 500 μm .	62
Rajah 3.3:	Alat Penekanan.	63
Rajah 3.4:	Mesin Penghalusan jenis Sprout-Bauer 12" cakera tunggal	64
Rajah 3.5:	Penskrin Somerville.	65
Rajah 3.6:	Pemukul PFI Mill.	66
Rajah 3.7:	(a) Alat penyepai dan (b) Alat Penguji CSF.	68
Rajah 3.8:	Mesin Pembuatan Kertas.	69
Rajah 3.9:	Saiz dan cara pemotongan sampel kertas makmal.	70
Rajah 4.1:	Perubahan morfologi gentian akibat proses pemukulan (Kang, 2007).	74
Rajah 4.2:	Imej mikroskop cahaya gentian pulpa (a) tanpa pukulan, (b) 1 000 pusingan pukulan , (c) 5 000 pusingan pukulan dan (d) 10 000 pusingan pukulan.	76
Rajah 4.3:	4.3: Pemfibrilan pada gentian pulpa APP (a) tanpa pemukulan, (b) dipukul pada 1 000 pusingan, (c) dipukul pada 5 000 pusingan dan (d) dipukul pada 10 000	

	pusingan. Bulatan menunjukkan gentian halus dan anak panah menunjukkan kawasan berlaku pemfibrilan dan delaminasi.	80
Rajah 4.4:	Kesan pemukulan terhadap ketumpatan kertas.	81
Rajah 4.5:	Imej mikroskop imbasan elektron (SEM) kesan pemukulan terhadap morfologi gentian. (a) pemfibrilan dan delaminasi gentian, (b) keruntuhan gentian dan (c) jaringan gentian mikro dan nano.	83
Rajah 4.6:	Imej mikroskop imbasan elektron (SEM) permukaan kertas bagi pulpa APP (a) tanpa pemukulan, (b) 1 000 pusingan pukulan dan (c) 10 000 pusingan pukulan.	84
Rajah 4.7:	Kesan pemukulan terhadap kecerahan kertas.	86
Rajah 4.8:	Kesan pemukulan terhadap kelegapan kertas.	88
Rajah 4.9:	Kesan pemukulan terhadap kekuatan tensil kertas.	91
Rajah 4.10:	Kesan pemukulan terhadap kekuatan pecahan kertas.	94
Rajah 4.11:	Imej mikroskop imbasan elektron (SEM) kawasan berlakunya pecahan pada kertas bagi pulpa APP (a) tanpa pemukulan, (b) dipukul pada 1 000 pusingan dan (c) dipukul pada 10 000 pusingan.	97
Rajah 4.12:	Kesan pemukulan terhadap rintangan koyakan kertas.	99

SENARAI SINGKATAN DAN SIMBOL

APMP	= Pemulpaan Mekanikal Peroksida Beralkali (Alkaline Peroxide Mechanical Pulping)
APP	= Pemulpaan Peroksida Beralkali (Alkaline Peroxide Pulping)
CSF	= Kebebasan Piawaan Kanada (Canadian Standard Freeness)
CTMP	= Pemulpaan Kimia-Terma-Mekanikal (Chemi-Thermo-Mechanical Pulping)
DP	= Darjah Pempolimeran
EFB	= Tandan Buah Kosong Kelapa Sawit (Empty fruit bunches)
FAO	= Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAOSTAT	= Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistic
FELCRA	= Kementerian Kemajuan Luar Bandar dan Wilayah
FELDA	= Lembaga Kemajuan Tanah Persekutuan
RISDA	= Pihak Berkuasa Kemajuan Pekebun Kecil Perusahaan Getah
KLK	= Kuala Lumpur Kepong
LM	= Mikroskop Cahaya (Light Microscope)
MDF	= Papan Gentian Ketumpatan Sederhana (Medium Density Fibreboard)

MPOB	= Lembaga Minyak Sawit Malaysia
MPOC	= Majlis Minyak Sawit Malaysia
OD	= Berat Ketuhar (Oven Dried)
OPF	= Pelepah Kelapa Sawit (Oil palm fronds)
OPT	= Batang Kelapa Sawit (Oil palm trunk)
RMP	= Pemulpaan Mekanikal Penghalusan (Refiner Mechanical Pulping)
SEM	= Mikroskop Imbasan Elektron (Scanning Electron Microscopy)
TAPPI	= Technical Association of the Pulp and Paper Industry
TMP	= Pemulpaan Terma-Mekanikal (Thermomechanical Pulping)

**MORFOLOGI GENTIAN DAN SIFAT KERTAS PEMUKULAN PULPA
PEROKSIDA BERALKALI DARIPADA TANDAN BUAH KOSONG
KELAPA SAWIT**

ABSTRAK

Kesan pemukulan ke atas perubahan morfologi gentian dan kesan ke atas sifat-sifat kertas pulpa tandan buah kosong kelapa sawit (EFB) daripada proses Pemulpaan Peroksida Beralkali (APP) dikaji dengan menggunakan pemukul PFI Mill. Proses pemukulan dilakukan pada 0, 250, 500, 750, 1 000, 1 250, 1 500, 2 000, 2 500, 3 000, 5 000, dan 10 000 pusingan. Pemukulan gentian pulpa menyebabkan berlakunya pemfibrilan dan delaminasi pada gentian meningkatkan kebolehlenturan dan pembengkakan gentian serta menghasilkan gentian halusan. Analisis kualiti gentian menunjukkan perubahan terhadap sifat-sifat gentian dan terdapat peralihan dominasi dimensi gentian dengan peningkatan tahap pemukulan. Pulpa APP dan pulpa APP yang dipukul sehingga 3 000 pusingan didominasi oleh gentian panjang dan gentian sederhana, manakala pulpa APP yang dipukul pada 5 000 pusingan dan 10 000 pusingan didominasi oleh gentian pendek dan gentian halusan. Peralihan dominasi gentian ini mempengaruhi nilai kebebasan stok pulpa dan ketumpatan kertas yang terhasil. Nilai kebebasan menurun dengan peningkatan tahap pemukulan. Manakala, sifat mekanikal kertas seperti kekuatan tensil dan kekuatan pecahan mendapat kesan yang positif daripada tindakan pemukulan ke atas gentian pulpa APP, tetapi ia memberi kesan negatif sifat mekanikal rintangan koyakan. Pemukulan pulpa APP daripada EFB memberi kualiti pulpa yang pelbagai dan penghasilan gentian nano membuatkan ia mempunyai potensi sebagai bahan mentah untuk pembuatan kertas yang mana memerlukan peningkatan terhadap kekuatan jaringan gentian.

**FIBRE MORPHOLOGY AND PAPER PROPERTIES FROM BEATING
ALKALINE PEROXIDE PULP OF OIL PALM EMPTY FRUIT BUNCH
(EFB).**

ABSTRACT

Effects of beating on fibre morphology changes and their effects on properties of paper from alkaline peroxide pulping (APP) pulp of oil palm empty fruit bunch was studied by means PFI Mill beater. Beating process was conducted at 0, 250, 500, 750, 1 000, 1 250, 1 500, 2 000, 2 500, 3 000, 5 000 and 10 000 revolutions. Beating the pulp cause fibre fibrillation and delamination which increased fibre flexibility and swelling the fibres and fines was produced as well. Fibre quality analysis showed changes on fibre properties and there was a dominance shift of fibre dimension with beating rate increment. Native APP pulp and APP beaten pulp up to 3 000 revolutions were predominated by long and medium fibres whereas, APP pulp beaten at 5 000 and 10 000 revolutions were dominated by short fibres and fines. This shift in fibre dominance affects pulp stock freeness value and density of the resulting paper. Freeness value decreased with an increase in beating. The mechanical properties of paper such as tensile and burst indices showed a positive effect following the beating action of the APP pulp fibres. Meanwhile, it negatively affects the other mechanical properties of tear resistance. The various degrees of beating of the APP pulp provides a diversified pulp quality. The effects also allowsproduction of nanofibers and this demonstrates the pulp potential use in super strong pulp-based products.

BAB SATU

PENGENALAN

1.1 Latar Belakang

Suatu ketika dulu, tandan buah kosong kelapa sawit (EFB) adalah sisa buangan daripada industri minyak kelapa sawit Malaysia yang hanya digunakan sebagai baja dan bahan bakar semata-mata, tapi kini tidak lagi. Ia telah menarik minat ramai penyelidik seluruh dunia dan pihak pengeluar yang membangunkan produk mesra alam. Sejajar dengan pembangunan dan perkembangan negara Malaysia yang mengamalkan penjagaan alam sekitar yang baik berkaitan dengan pengurusan sisa industri, sistem kumbahan dan pembakaran sifar (Basri et al., 2008), penyelidikan terhadap penggunaan tandan buah kosong kelapa sawit (EFB) sebagai bahan mentah di lihat dapat membantu negara dalam menangani masalah pencemaran dan meningkatkan pendapatan negara.

Sering kali EFB dimampatkan sebagai briket dan dijadikan bahan bakar untuk penjanaan tenaga elektrik (Hoggard, 2011) dan dijadikan baja kompos. Terdapat juga penggunaan kecil EFB sebagai bahan mentah papan gentian berketumpatan sederhana, tikar, tilam, bantal, perabot ringan dan kerusi automobil. Terdapat kajian di mana EFB dapat diproses secara minimum untuk dijadikan sebagai bahan penyerap pencemaran (Ahmad et al., 2010, 2011; Rafatullah et al., 2013). Silika yang terdapat di dalam matriks lignoselulosa EFB boleh diproses menjadi bahan kilatan untuk barangan seramik (Ghazali et al., 2009). Gentian tandan buah kelapa sawit kosong (EFB) mempunyai ciri-ciri yang unik seperti kandungan selulosa yang tinggi, lignin dan ekstraktif yang rendah, dan kanji yang sederhana berbanding tumbuhan berkayu tempatan menjadikan ia sesuai untuk dijadikan

sebagai bahan mentah untuk industri pembuatan kertas (Ghazali et al., 2006; Zainon, 2011; Anonymous 2011a).

Penggunaan tandan buah kosong kelapa sawit (EFB) sebagai bahan mentah untuk industri pulpa dan pembuatan kertas dianggarkan dapat menyelamatkan lebih daripada 88 juta pokok, sekiranya semua EFB yang dihasilkan dapat ditukarkan kepada pulpa (Hoggard, 2011). Hal ini kerana, setiap hektar ladang kelapa sawit dapat menjana pulpa EFB sekurang-kurangnya dua kali ganda lebih banyak berbanding pulpa yang dijanakan oleh hutan hujan tempatan.

Pulpa berharga ini telah berjaya dihasilkan daripada bahan selulosa EFB melalui sistem pemulpaan peroksida beralkali (APP) yang diadaptasikan daripada proses pemulpaan mekanikal peroksida beralkali (APMP). Pemulpaan mekanikal peroksida beralkali (APMP) merupakan satu sistem yang mesra alam dan kos rendah (Ghazali et al., 2009) kerana ia menggabungkan proses pemulpaan dan pelunturan di dalam proses tunggal, dengan itu, ia menjimatkan banyak kos operasi dan penyelenggaraan kerana ia tidak memerlukan pembinaan kilang pelunturan yang berasingan. APMP boleh dikatakan sistem mesra alam kerana ia merupakan sistem pemulpaan yang bebas sulfur dan klorin. Selain itu, APMP juga terkenal dengan sistem yang fleksibel kerana ia boleh diubahsuai untuk diadaptasikan kepada pelbagai jenis bahan mentah dan menghasilkan kualiti pulpa yang pelbagai. Percubaan awal penyesuaian proses pemulpaan mekanikal peroksida beralkali (APMP) kepada tandan buah kosong kelapa sawit (EFB) oleh Ghazali et al. (2006, 2009) dan Rosnah et al. (2010) diperhatikan mempunyai kemungkinan menghasilkan pelbagai jenis kualiti pulpa adalah luas dengan melakukan penyelarasan parameter dan jentera eksperimen.

Walaupun dunia sekarang telah dikuasai oleh teknologi elektronik dan komputer, kertas masih lagi diperlukan di dalam kehidupan seharian seperti yang dipaparkan pada Rajah 1.1, bahkan permintaan terhadap kertas semakin meningkat manakala, sumber bahan mentah untuk industri pulpa dan pembuatan kertas semakin berkurang. Oleh sebab itu, penyelidikan yang dijalankan oleh Ghazali et al. (2006, 2009) untuk mencari bahan mentah alternatif untuk menampung kekurangan ini perlu diteruskan lagi ke tahap yang baru. Penyelidikan ini bertujuan untuk mengkaji kesan pemukulan dan tahap pemukulan ke atas gentian pulpa tandan buah kosong kelapa sawit pemulpaan peroksida beralkali (pulpa EFB APP) untuk melihat kemungkinan untuk menghasilkan kertas jenis baru atau pun memperbaiki sifat-sifat kertas yang sedia. Proses pemukulan dilakukan menggunakan pemukul jenis PFI Mill. Hasil daripada kajian ini dilihat amat memberangsangkan dan dibincang dengan lebih lanjut di dalam bab-bab yang seterusnya.



Rajah 1.1: Penggunaan kertas dalam kehidupan seharian.

1.2 Objektif Penyelidikan

Objektif penyelidikan yang dijalankan ini dapat dirumuskan seperti berikut:

1. Mengkaji kesan pemukulan pulpa tandan buah kosong kelapa sawit (EFB) Pemulpaan Peroksida Beralkali (APP) terhadap morfologi gentian pulpa tersebut menggunakan analisis gentian dan pemerhatian mikroskop cahaya (LM) dan mikroskop imbasan elektron (SEM).
2. Mengkaji kesan pemukulan pulpa tandan buah kosong kelapa sawit (EFB) Pemulpaan Peroksida Beralkali (APP) terhadap sifat optikal, fizikal dan mekanikal kertas.

BAB DUA

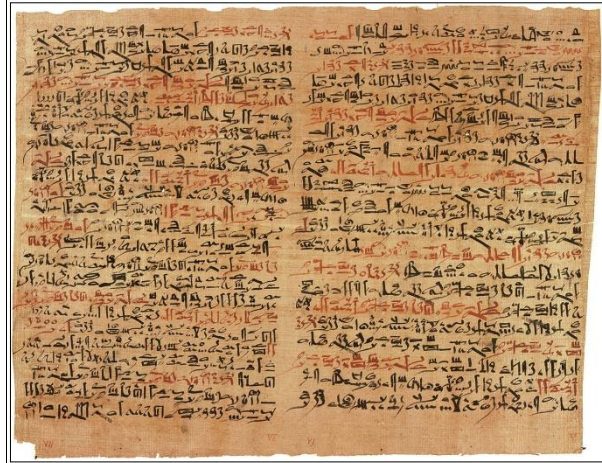
TINJAUAN LITERATUR

2.1 Sejarah Kertas

Terdapat pelbagai medium digunakan untuk merekodkan ketamadunan dunia sejak berzaman dan mengingatkan kita tentang kemungkinan kehidupan tanpa had. Dalam hal ini kertas merupakan medium penulisan yang paling banyak digunakan. Walau bagaimana pun kita sentiasa memandang ringan atau mudah dengan melakukan pembaziran, walhal kertas sentiasa memainkan peranan penting dalam kehidupan kita.

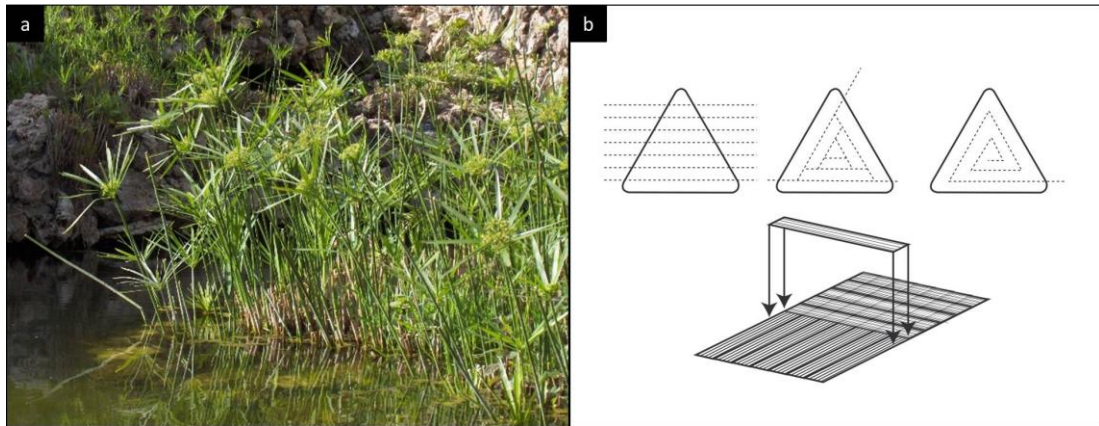
Pada masa kini, industri pulpa dan kertas merupakan salah satu industri paling penting di dunia. Ia membekalkan produk penting berasaskan kertas, dari medium komunikasi sehingga bahan pembungkusan dan pembersihan untuk 5 bilion orang di seluruh dunia.

Kertas mempunyai sejarah yang panjang bermula sejak zaman Mesir purba. Perkataan kertas dalam bahasa Inggeris 'paper' berasal daripada bahan penulisan yang dihasilkan pada zaman tersebut iaitu papirus atau 'papyrus' (Rajah 2.1), yang ditunen daripada gentian sejenis tumbuhan bernama papirus (Rajah 2.2 (a)). Papirus telah banyak dihasilkan seawal 3 000 SM di Mesir, Yunani purba dan juga Rom. Manakala sebelah utara kawasan tersebut, kertas atau medium penulisan dihasilkan daripada kulit kambing atau kulit anak lembu yang telah diproses bagi menggantikan papirus, kerana papirus memerlukan keadaan cuaca sub-tropika untuk tumbuh.



Rajah 2.1: Kertas papirus (Anonymous, 2011b).

Batang pokok papirus mempunyai keratan retas berbentuk segi tiga, kulit luar yang keras dan empulur dalaman yang berserabut dan melekit. Orang-orang mesir akan membuang kulit bahagian luar papirus dan memotong empulur dalaman secara memanjang menjadi jalur nipis kira-kira 40cm panjang. Terdapat beberapa kaedah arah pemotongan empulur dilakukan untuk mendapatkan jalur yang nipis (Rajah 2.2 (b)). Kemudiannya jalur-jalur empulur yang masih basah akan diletak dan disusun sebelah-menyebelah di atas satu permukaan yang keras dan rata dengan sedikit pertindihan pada bahagian tepi setiap jalur. Satu lapisan jalur lagi diletak dan disusun di atas lapisan pertama pada bersudut tepat seperti Rajah 2.2 (b). Ketika jalur empulur masih dalam keadaan lembap, dua lapisan tersebut akan dipukul bersama-sama untuk membentuk satu lembaran tunggal. Lembaran kemudiannya akan dikeringkan di bawah tekanan dan setelah kering, lembaran digilap dengan objek bulat seperti batu, kulit kerang atau kayu keras yang bulat.



Rajah 2.2: (a) Pokok Papirus dan (b) cara pemotongan dan susunan papirus
(Anonymous, 2011c).

Di dalam sebuah buku bertajuk *The 100 – A Ranking of The Most Influential Persons in History* hasil nukilan Michael H. Hart (1992) telah menyenaraikan dua tokoh yang menyumbang kepada pembuatan kertas dan memainkan peranan dalam perkembangan penggunaan kertas dunia.

Yang pertama adalah tokoh yang berada pada kedudukan ke-7 iaitu Ts'ai Lun (105 a.d), merupakan seorang sarjana cina dan juga merupakan pegawai mahkamah. Beliau merupakan pencipta kertas dan memperkenalkan proses kertas dan seorang lagi adalah Johann Gutenberg (1400-1468) yang berada pada kedudukan ke-8, merupakan pencetak berbangsa Jerman yang mencipta dan mesin percetakan mekanikal kepada Eropah.

Kelahiran kertas daripada pulpa, seperti mana yang kita ketahui pada hari ini, berlaku di bawah Dinasti Han di negara China pada tahun 105 dan kemudiannya tersebar ke serata dunia (Rajah 2.3). Di China, pada awalnya dokumen ditulis di atas kepingan buluh, tetapi terdapat kelemahan kerana mereka sangat berat untuk diangkut ke mana-mana. Selain buluh, sutera juga digunakan sebagai medium

penulisan, tetapi mempunyai kekurangan untuk dipertimbangkan sebagai medium penulisan kerana sutera memerlukan kos yang terlampau mahal untuk dihasilkan. Malahan, kebanyakan bahan-bahan tersebut susah untuk diperolehi dan mahal untuk dihasilkan.



Rajah 2.3: Penyebaran teknologi pembuatan kertas.

Terdapat bukti baru yang menunjukkan bahawa masyarakat Cina telah menghasilkan kertas 200-300 tahun lebih awal daripada Ts'ai Lun dengan cara menghancurkan pukat-pukat lama untuk menghasilkan kertas pertama di dunia. Tetapi Ts'ai Lun boleh dianggap sebagai orang pertama yang memperkenalkan proses pembuatan kertas secara besar-besaran dengan mencipta satu proses pembuatan kertas menggunakan kulit pokok mulberi, buluh, kain perca dan gentian hem. Proses pembuatan kertas oleh Ts'ai Lun merangkumi banyak peringkat (Rajah 2.4).

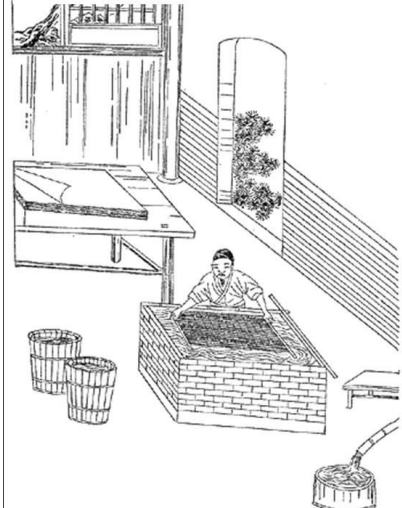
1) Pemotongan, pembersihan dan perendaman bahan mentah .



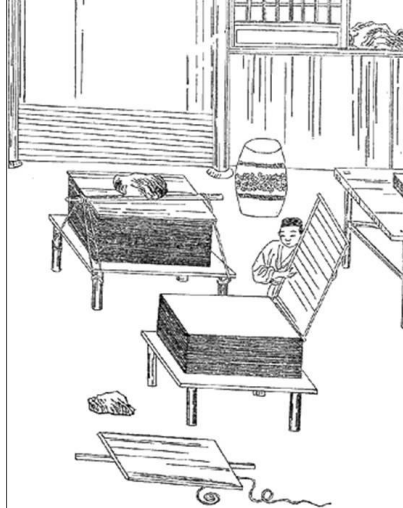
2) Pemasakan bahan mentah di dalam larutan beralkali.



3) Proses penghasilan pulpa dan pembuatan kertas.



4) Proses penekanan kertas.



5) Proses pengeringan kertas.



Rajah 2.4: Seni pembuatan kertas T'sai Lun (Hart, 1992).

Selepas beberapa tahun, China telah mula menggunakan kertas untuk penulisan. Pembuat kertas cina juga telah membangunkan beberapa kepakaran baru seperti kertas disaiz (kertas dengan sifat-sifat permukaan khas), kertas yang dilitupi dan kertas yang diwarnakan. Teknologi yang lebih maju dapat dilihat dengan rekaan kertas yang tahan serangga dan penggunaan tumbuhan yang kadar hasil gentian yang lebih banyak iaitu buluh dengan cara memasak buluh di dalam larutan beralkali kuat untuk mendapatkan gentian.

Sekitar tahun 600, percetakan blok kayu telah diperkenalkan di China dan menjelang tahun 740, surat khabar yang dicetak dapat dilihat buat pertama kalinya di negara China. Pembuatan kertas dan inovasi maju pembuat kertas membolehkan China membangunkan tamadunya dengan lebih cepat, tetapi mereka menghadapi masalah untuk memenuhi permintaan yang semakin meningkat untuk kertas bagi pentadbiran kerajaan.

Seni pembuatan kertas merupakan penemuan penting orang cina, ia mempunyai sifat-sifat yang unik dan sangat bernilai maka rahsia seni pembuatan kertas ini telah disimpan dengan rapi. Kesenian ini terus berada di China berabad-abad lamanya sebelum ia sampai ke Korea dan kemudiannya Jepun kira-kira 600A.D., merupakan negara-negara yang membawa seni pembuatan kertas ke tahap yang lebih diperhalusi. Seni pembuatan kertas China merebak ke arah barat melalui jalan sutera dan perdagangan, mencapai Samarkand pada tahun 750 apabila beberapa pembuat kertas cina telah ditangkap oleh orang-orang Arab dan mereka diwajibkan untuk berkongsi kemahiran mereka. Bermula dari sini, pengetahuan tentang seni pembuatan kertas China telah tersebar ke seluruh kawasan Arab, sampai ke Baghdad pada tahun 793, Damsyik dan Mesir pada abad ke-10 dan seterusnya Maghribi menjelang 1100 (Hunter, 1978).

Pembuatan kertas tersebar ke Eropah melalui kehadiran pedagang-pedagang Arab di semenanjung Iberia. Pada tahun 1151, kilang kertas pertama beroperasi di Eropah yang terletak di bandar Xativa, Sepanyol dan secara perlahan-lahan, ia merebak ke Itali. Pada tahun 1189, Perancis pula menubuhkan kilang kertas dan Jerman pada tahun 1320, diikuti negara-negara di Utara dan Timur juga mula mengambil bahagian dalam penubuhan kilang-kilang pembuatan kertas dan pasaran untuk kertas. England mempunyai kilang kertasnya pada tahun 1494 dan kemudiannya sampai ke Amerika Syarikat pada tahun 1690 (Hunter, 1978).

Semasa penyebaran teknologi pembuatan kertas ke arah barat, teknik-teknik pembuatan kertas telah berkembang berdasarkan bahan-bahan mentah dan keperluan yang ada. Terdapat pelbagai perbezaan di antara kaedah pembuatan kertas Eropah dan Barat dengan kaedah pembuatan kertas Timur dari segi gentian yang digunakan, acuan, gaya pembentukan dan proses pengeringan. Kebanyakan perubahan ini disebabkan oleh bahan yang digunakan, terutamanya jenis tumbuhan atau gentian yang akan ditukar menjadi kertas.

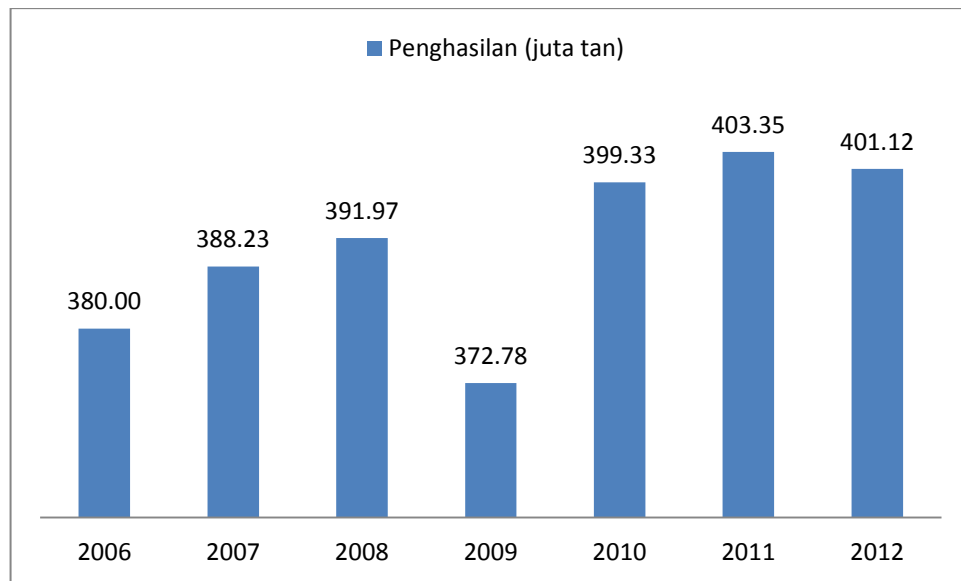
Pembuatan kertas merupakan pesaing besar kepada kertas daripada kulit (parchment atau vellum) sebagai medium untuk penulisan dan pencetakan. Apabila Gutenberg mencipta proses atau mesin pencetakan moden pada tahun 1439, permintaan terhadap kertas semakin meningkat, kertas daripada kulit (parchment atau vellum) yang diperbuat daripada kulit kambing dan biri-biri tidak mampu lagi bersaing dengan kertas yang mempunyai sumber yang tidak habis. Selain itu, ia juga telan meningkatkan kadar celik huruf di kalangan penduduk dunia.

2.2 Teknologi Kertas Masa Sekarang

2.2.1 Biojisim Pembuatan Kertas

Bahan biojisim terdiri daripada campuran unsur-unsur organik yang mengandungi hidrogen, oksigen, nitrogen dan lain-lain. Ia menyediakan bahan mentah untuk pelbagai produk akhir bio-tenaga dan penggunaan akhir selepas pra-pemprosesan oleh pelbagai teknologi penukaran seperti haba, kimia atau biokimia. Biojisim boleh dibahagikan kepada dua kategori iaitu berkayu dan bukan-kayu. Biojisim berkayu biasanya diperoleh daripada hutan dan merupakan sumber bahan mentah penghasilan pulpa untuk kertas yang utama sejak sekian lamanya. Manakala biojisim bukan-kayu pula biasanya diperoleh daripada sisi-sisa pertanian seperti gula, tepung, minyak/lemak, dan bahan lignoselulosa seperti jerami bijirin, hampas tebu, buluh, flaks, kenaf, jut dan sisal (Williams, 2011).

Permintaan terhadap kertas dan produk berasaskan kertas dunia pada hari ini dapat dikatakan meningkat dengan pesat dan memberangsangkan. Berdasarkan statistik daripada FAOSTAT 2013 (Rajah 2.5), penghasilan kertas dan produk berasaskan kertas pada tiga tahun terakhir adalah kira-kira 400 juta tan setiap tahun. Hal ini menunjukkan terdapatnya permintaan yang tinggi bagi bahan mentah untuk industri pulpa dan pembuatan kertas. Peningkatan ini juga memerlukan pihak industri mencari untuk bahan alternatif selain daripada pokok untuk memenuhi permintaan bahan mentah industri pulpa dan pembuatan kertas.



Rajah 2.5: Penghasilan kertas dan produk berasaskan kertas dunia tahun 2006-2012 (FAOSTAT, 2013).

Tumbuhan bukan-kayu dilihat mempunyai potensi yang besar dalam menggantikan pokok sebagai sumber bahan mentah untuk industri pulpa dan pembuatan kertas pada zaman sekarang. Menurut Hurter & Riccio (1998), tumbuhan bukan-kayu mempunyai kelebihan berbanding tumbuhan berkayu dari pelbagai aspek seperti kitaran pertumbuhan yang singkat dan keperluan pengairan yang sederhana, malahan mempunyai kandungan lignin yang rendah yang boleh membantu mengurangkan penggunaan tenaga dan bahan kimia semasa proses pemulpaan. Kebanyakan negara-negara membangun telah pun menggunakan bahan mentah bukan-kayu sebagai bahan alternatif menggantikan bahan mentah berkayu terutamanya dalam penghasilan kertas khusus seperti uncang teh, kertas penapis, wang kertas dan sebagainya (Marques et al., 2010). Gentian daripada tumbuhan bukan-kayu mempunyai pelbagai panjang gentian berdasarkan kepada spesies tumbuhan. Contohnya gentian daripada 'reed' gergasi mempunyai panjang gentian 1180 μm manakala gentian daripada flaks dan hem mempunyai panjang gentian

mencapai 28000 μm . Ciri-ciri ini sangat sesuai dalam menghasilkan wang kertas kerana panjang gentian akan membantu meningkatkan kekuatannya.

Selain itu, penggunaan bahan alternatif ini juga dapat membantu dalam menjaga keseimbangan ekologi dengan mengurangkan jumlah penebangan hutan untuk tujuan penghasilan pulpa dan pembuatan kertas. Tidak mustahil, dengan kadar peningkatan terhadap permintaan kepada kertas dan produk berasaskan kertas dunia, hutan akan habis ditebang untuk menampung permintaan tersebut sekiranya kita tidak beralih atau mencari bahan alternatif menggantikan bahan mentah berkayu. Di samping itu, penghasilan pulpa daripada bahan mentah bukan-kayu memerlukan penggunaan bahan kimia dan tenaga yang lebih rendah berbanding dengan pulpa bahan mentah berkayu dapat membantu memelihara alam sekitar.

Kepelbagaian sifat fizikal dan kimia yang ada pada gentian tumbuhan bukan-kayu memberi peluang yang banyak kepada industri pulpa dan pembuatan kertas. Terdapat perbezaan yang ketara antara sifat-sifat fizikal dan kimia gentian tumbuhan bukan-kayu dengan gentian tumbuhan berkayu. Komposisi kimia gentian tumbuhan bukan-kayu yang terdiri daripada selulosa, lignin, pentosan dan abu adalah berbeza-beza bergantung kepada keadaan pembesaran gentian, pengelasan botani gentian (Han, 1998), daun, buah dan batang dan juga prosedur pemprosesan gentian (penyimpanan dan rawatan awal). Jadual 2.1 menunjukkan komposisi kimia beberapa gentian bukan-kayu umum berbanding gentian kayu.

Jadual 2.1: Komposisi Kimia Gentian Bukan-kayu Umum berbanding Gentian Kayu

Jenis gentian	Komposisi kimia (%)				
	Selulosa	Lignin	Pentosan	Abu	Silika
Jerami					
Padi	28~48	12~16	23~28	15~20	9~14
Gandum	29~51	16~21	26~32	4.5~9	3~7
Barli	31~48	14~15	24~29	5~7	3~6
Oat	31~48	14~19	27~38	6~8	4~6.5
Gandum hitam (rye)	33~50	14~19	27~30	2~5	0.5~4
Batang					
Tebu	32~48	19~24	27~32	1.5~5	0.7~35
Buluh	26~43	21~31	15~26	1.7~5	0.7
Reed	44~46	22~24	20	3	2
Kulit					
Biji flaks	43~47	21~23	24~26	5	-
Kenaf	44~57	15~19	22~23	2~5	-
Jut	45~63	21~26	18~21	0.5~2	-
Hem	57~77	6~13	14~17	0.8	-
Rami	87~91		5~8		
Empulur					
Kenaf	37~49	15~21	18~24	2~4	-
Jut	41~48	21~24	18~22	0.8	-
Daun					
Abaca	56~63	7~9	15~17	3	-
Sisal	47~62	7~9	21~24	0.6~1	-
Kayu					
Lembut	40~45	26~34	7~14	<1	-
Keras	38~49	23~30	19~26	<1	-

Sumber: Han (1998)

2.2.2 Potensi Biojisim Bukan-kayu sebagai Bahan Alternatif Pulpa dan Pembuatan Kertas

Industri produk hutan merupakan suatu pelaburan yang semakin berkembang pesat. Permintaan terhadap kertas dan produk berasaskan kertas telah meningkat sebanyak dua kali ganda dalam masa 20 tahun. Berdasarkan laporan FAOSTAT (2013), penghasilan kertas dan produk berasaskan kertas dunia telah mencapai 400 juta tan setahun untuk tiga tahun terakhir (Rajah 2.5) dan dijangkakan menjelang tahun 2021, permintaan terhadap industri ini akan terus meningkat dan mencapai 521 juta tan dengan Asia menyumbang hampir 44% (177 juta tan) bagi jumlah penghasilan kertas dunia, manakala selebihnya 56% (225 juta tan) adalah daripada negara lain (Kulkarni, 2013)

Perkembangan pesat industri pulpa dan pembuatan kertas dunia akan menjerumuskan kepada peningkatan terhadap permintaan bahan mentah untuk industri ini. Ia boleh menyebabkan penebangan pokok hutan secara besar-besaran berlaku bagi menampung permintaan terhadap bahan mentah gentian untuk pulpa dan terang-terangan akan membawa kepada masalah ekologi dan pencemaran alam sekitar. Persaingan untuk mendapatkan bekalan kayu yang semakin meningkat dan ditambah dengan kenaikan kos bahan kayu secara beransur-ansur telah mencetus minat kebanyakan negara-negara maju untuk beralih kepada penggunaan bahan bukan-kayu dalam industri pulpa dan pembuatan kertas mereka (Sabharwal & Young, 1996). Hal ini juga boleh menjimatkan kos bagi negara-negara yang mengalami masalah kekurangan sumber kayu dengan mengurangkan kebergantungan terhadap pengimportan gentian kayu daripada luar. Selain itu, penggunaan bahan bukan-kayu daripada sisa-sisa buangan sektor pertanian dalam pulpa dan pembuatan kertas adalah wajar kerana ia dapat menjimatkan kos untuk pelupusan sisa-sisa buangan dan

mengurangkan kemerosotan alam sekitar yang boleh berlaku disebabkan oleh serangga perosak, kebakaran dan pencemaran sisa-sisa buangan pertanian.

Pada tahun 1970, penghasilan pulpa bukan-kayu hanyalah sebanyak 6.7% daripada penghasilan pulpa seluruh dunia dan meningkat kepada hampir 10% pada tahun 1996 (El-Sakhawy et al., 1996). Memandang kepada peningkatan terhadap kertas dan produk berasaskan kertas dunia, penghasilan pulpa bukan kayu dijangka turut meningkat kepada hampir 20% pada akhir tahun 2013 dan tahun selepasnya (Kamago Omar et al., 2013). Jadual 2.2 menunjukkan jumlah penghasilan pulpa untuk kertas dunia mengikut jenis pulpa yang dihasilkan.

Jadual 2.2: Penghasilan Pulpa untuk Kertas Dunia (FAOSTAT, 2013)

Jenis pulpa	Penghasilan (juta tan/tahun)							
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Pulpa Kayu Kimia	126.1	128.4	133.4	131.6	119.6	127.9	131.4	131.2
Pulpa Kayu Mekanikal	35.8	35.5	34.9	33.4	28.9	30.7	29.4	28.9
Pulpa Gentian Lain*	17.8	18.1	18.6	18.4	17.1	18.3	17.8	16.1
Pulpa Kayu Semi-kimia	8.9	8.4	9.2	8.9	8.3	8.5	8.7	8.9

*Merangkumi jerami, hampas tebu, buluh dan pelbagai gentian lain.

Bagi memelihara alam sekitar akibat daripada penebangan pokok hutan yang semakin kurang sumbernya dan juga pelupusan sisa-sisa buangan pertanian, negara-negara maju seperti Eropah dan Amerika Utara telah pun beralih kepada penggunaan bahan mentah bukan-kayu bagi menampung industri pulpa dan pembuatan kertas mereka. Berdasarkan Jadual 2.2, penghasilan pulpa gentian lain yang merujuk kepada gentian bukan-kayu berada di tempat ketiga dalam penghasilan pulpa untuk kertas dunia. Penghasilan pulpa bukan-kayu hampir kekal 18 juta tan setiap tahun bagi tahun 2005 sehingga 2012 menunjukkan perkembangan yang

memberangsangkan bagi industri ini walaupun pada tahun 2011 dan 2012 mencatatkan penurunan pada penghasilan pulpa bukan-kayu untuk kertas dunia.

Dalam konteks penghasilan pulpa bukan-kayu untuk kertas, negara-negara Asia merupakan penyumbang terbesar pulpa bukan-kayu. Asia menghasilkan kira-kira 80% daripada jumlah penghasilan pulpa bukan-kayu dunia (Jahan et al, 2009). Terdapat lima negara yang berada di tempat teratas di dalam senarai negara yang menghasilkan pulpa bukan-kayu dan tiga daripadanya adalah negara Asia. Negara-negara yang berada dalam kelompok ini adalah China, India, Sepanyol, Pakistan dan Amerika Syarikat, di mana negara China merupakan pengeluar pulpa bukan-kayu yang terbesar iaitu sebanyak 12.4 juta tan pada tahun 2011 dan 10.738 juta tan pada tahun berikutnya (Jadual 2.3).

Jadual 2.3: Lima Negara Utama Penghasilan Pulpa Bukan-kayu Dunia

Negara	Jumlah penghasilan pulpa (juta tan/tahun)	
	2011	2012
China	12.400	10.738
India	1.995	1.995
Sepanyol	0.900	0.900
Pakistan	0.370	0.370
Amerika Syarikat	0.245	0.245

Sumber: FAOSTAT (2013)

Pulpa gentian lain di dalam Jadual 2.4 merujuk kepada pulpa yang dihasilkan daripada gentian tumbuhan selain dari pokok kayu dan digunakan dalam penghasilan kertas, bod kertas dan bod gentian. Ia merangkumi pulpa yang diperbuat daripada jerami, buluh, hampas tebu, rumput Espatro, 'reed' atau rumput lain, gentian kapas, flaks, hem, kain buruk dan juga sisa-sisa tekstil lain dan ia tidak termasuk pulpa yang diperbuat daripada kertas kitar semula (FAO, 2011). Terdapat tiga bahan bukan-kayu utama yang menjadi bahan alternatif kepada industri pulpa dan pembuatan kertas.

Bahan bukan-kayu yang paling banyak digunakan adalah jerami, diikuti buluh dan hampas tebu (Jadual 2.4).

Jadual 2.4: Jumlah Penghasilan Pulpa Bukan-kayu Dunia

Bahan Mentah	Jumlah penghasilan pulpa (juta tan/tahun)	
	2011	2012
Jerami	6.601	5.916
Buluh	1.945	1.774
Hampas Tebu	1.588	1.227
Pelbagai gentian lain	2.921	2.368
Jumlah	13.060	11.292

Sumber: FAO (2012 & 2013)

Bahan-bahan gentian bukan-kayu boleh diperolehi daripada tiga sumber produk sampingan pertanian, tanaman industri dan tumbuhan semula jadi. Produk sampingan pertanian merujuk kepada sisa-sisa buang daripada sektor pertanian seperti sekam bijirin, jerami dan hampas tebu. Tanaman industri pula adalah produk yang mampu menghasilkan pulpa yang berkualiti tinggi seperti hem dan kenaf yang di tanam secara besar-besaran. Tumbuhan semula jadi pula adalah tumbuhan yang tersedia ada seperti buluh, rumput gajah atau 'reed' yang boleh menghasilkan pulpa yang berkualiti tinggi (Sridach, 2010).

Gentian bukan-kayu banyak digunakan untuk menghasilkan pelbagai jenis atau gred kertas sama ada dicampurkan dengan gentian bukan-kayu yang lain atau gentian kayu. Terdapat juga gred kertas yang diperbuat daripada 100% gentian bukan-kayu. Jadual 2.5 menunjukkan kegunaan sebahagian gentian bukan-kayu dalam penghasilan pulpa dan pembuatan kertas.

Jadual 2.5: Kegunaan Gentian Bukan-kayu dalam Penghasilan Pulpa dan Pembuatan Kertas (Atchison, 1989)

Gentian bukan-kayu	Kegunaan (jenis kertas atau bod kertas)	Peratusan gentian yang digunakan (%)	Gentian yang dicampurkan
Jerami	Percetakan dan penulisan bebas kayu	20-100	Pulpa kayu dan/atau jerami atau hampas
	Percetakan dan penulisan mekanikal	20-50	20-40% pulpa kayu, pulpa groundwood
	Glassine dan kalis minyak	30-90	Pulpa sulfat
	Duplex dan triplex	20-70	Pulpa kayu
	Bergelugur sederhana	50-90	Pulpa kertas kitar semula
	Bod jerami	80-100	Pulpa kertas kitar semula
Buluh	Pembalut kualiti "B"	50-60	Pulpa kertas kitar semula dan/atau pulpa kayu
	Percetakan dan penulisan bebas kayu	70-100	Pulpa kayu dan/atau jerami atau hampas
	Percetakan dan penulisan mekanikal	40-60	pulpa groundwood
	Bod Bristro	50-100	Pulpa kayu dan/atau hampas
	Duplex dan triplex	30-80	Pulpa kayu dan/atau jerami atau hampas
	Linerboard	60-100	Pulpa kraf
	Pembalut dan beg kertas	80-100	Pulpa kraf
	Karung dinding berlapis	80-100	Pulpa kraf
	Pengganti kertas akhbar	50-70	pulpa groundwood
Hampas tebu	Percetakan dan penulisan bebas kayu	20-100	Pulpa kayu
	Percetakan dan penulisan mekanikal	20-50	20-40% pulpa kayu, pulpa groundwood
	Bod Bristro	50-100	Pulpa kayu
	Tisu	60-90	Pulpa kayu

	Glassine dan kalis minyak	30-90	Pulpa sulfat
	Duplex dan triplex	20-70	Pulpa kayu
	Bergelugur sederhana	50-90	Pulpa kertas kitar semula
	Linerboard	50-80	Pulpa kraf
	Pembalut dan beg kertas	50-85	Pulpa kraf
	Karung dinding berlapis	30-70	Pulpa kraf
	Pengganti kertas akhbar	80-90 (kemi-mekanikal)	Pulpa kraf
	Pengganti kertas akhbar	70-80 (mekanikal)	Pulpa kraf
Kapas	Bon gred tinggi, lejaer, tulisan dan buku	25-100	Pulpa kayu
Jut	Percetakan dan penulisan	20-80	Pulpa kayu
Abaca (pokok pisang)	Superfine, ringan, bon, lejer, wang kertas dan keselamatan,uncang teh, penapis	10-80	Kapas atau pulpa kayu
	Non-wovens	10-50	Gentian sintetik
	Linerboard, pembalut dan beg	10-30	Pulpa jerami atau hampas tebu

2.2.3 Kelebihan dan Kekurangan Penggunaan Biojisim Bukan-kayu untuk Industri

Pulpa dan Pembuatan Kertas.

Gentian bukan kayu telah menarik minat peringkat global berkaitan dengan perspektif penggunaannya sebagai bahan mentah dalam penghasilan pulpa untuk industri pembuatan kertas. Gentian bukan kayu dilihat dapat memenuhi permintaan dan bekalan dalam industri pembuatan kertas. Dunia ini, kayu merupakan pembekal dominan terhadap bahan asas pulpa terhadap industri pembuatan kertas. Walau bagaimanapun, masalah timbul disebabkan oleh faktor bekalan jangka panjang gentian yang telah dihadapi oleh industri sejak kira-kira dua abad yang lalu berhubung peningkatan yang mendadak terhadap permintaan dan penggunaan kertas pada abad ke-18 (Hurter, 1998).

Disebabkan permintaan yang tinggi terhadap industri pulpa dan pembuatan kertas dan kekurangan bekalan kayu dunia, beberapa aspek telah diketengahkan berkaitan nilai positif dan negatif penggunaan gentian bukan kayu menggantikan bahan mentah dalam industri penghasilan pulpa dan kertas. Kelebihan dan kekurangan penggunaan gentian bukan kayu disenaraikan seperti berikut (Hurter, 1998);

- ❖ Gentian bukan kayu adalah berasal daripada tanaman tumbuhan gentian seperti kenaf dan jut, dan hasil sisa pertanian seperti hampas tebu dan tandan buah kosong kelapa sawit (EFB). Tumbuhan bukan kayu tumbuh lebih cepat daripada tumbuhan berkayu dan menghasilkan jumlah tahunan bahan mentah yang lebih tinggi bagi menampung permintaan terhadap gentian. Tetapi terdapat kelemahan pada gentian bukan kayu dari jenis sisa pertanian kerana ia bergantung kepada hasil tahunan sektor pertanian dan memerlukan kawasan simpanan yang luas untuk memastikan bekalan sepanjang tahun.
- ❖ Dari segi pengeluaran, gentian tumbuhan bukan kayu mempunyai kadar lignin lebih rendah berbanding dengan gentian kayu, maka tenaga dan bahan kimia yang diperlukan untuk melunturkan gentian akan berkurangan. Tetapi dalam pemulpaan kimia, jumlah lignin yang rendah mengurangkan bahan api yang dapat dihasilkan.
- ❖ Kadar kandungan silika yang lebih tinggi terdapat di dalam gentian bukan kayu dan ia akan meningkatkan kos penyelenggaraan jentera dan alatan serta menyebabkan pemulihan bahan kimia konvensional menjadi tidak sesuai, tetapi ia membuka lebih banyak peluang kepada penyelidik dalam penggunaan likur pelunturan pemulpaan.

- ❖ Kurang sesuai untuk menghasilkan kertas yang mempunyai kemasan yang elok, tetapi pembangunan dalam teknologi baru menghasilkan kemungkinan untuk menggunakan gentian bukan kayu sebagai bahan mentah untuk pembuatan kertas.
- ❖ Industri penghasilan pulpa dan kertas telah didominasi oleh pulpa gentian kayu dan bersifat konservatif. Oleh itu, sistem pemulpaan alternatif seperti APMP yang mengurangkan keperluan untuk pemulihan bahan kimia mungkin menghasilkan produk sampingan yang berguna. Walau bagaimanapun, pemulpaan alternatif cenderung untuk menggunakan bahan kimia yang lebih mahal dan hanya sedikit sahaja pihak industri yang berminat untuk melabur dan melakukan penyelidikan terhadap penggunaan bahan gentian bukan kayu disebabkan oleh risiko yang tinggi yang mungkin memerlukan perubahan pada jentera yang sedia ada untuk membolehkan penggunaan gentian bukan kayu dengan menyeluruh.

2.3 Kelapa Sawit

Kelapa sawit atau *Elaeis guineensis* Jacq. (Rajah 2.6) pada awalnya diperkenalkan di Malaysia sebagai tanaman hiasan pada tahun 1870 dan telah dibawa masuk melalui Taman Botani Singapura (Mohammad Zin *et al.*, 1991). Kelapa sawit merupakan tumbuhan jenis palma yang berasal dari Afrika Barat (Hartley, 1967) dan banyak terdapat di kawasan dari pantai Senegal hingga ke Angola dan juga sepanjang Sungai Congo (Moll, 1987).

Elaeis adalah berasal daripada perkataan Yunani 'elaion' yang membawa maksud minyak manakala *guineensis* pula merujuk kepada tempat asal kelapa sawit iaitu pantai Guinea, Afrika dan nama ini diberikan oleh Nicholaas Jacquin pada tahun 1763 (Corley and Tinker, 2003).



Rajah 2.6: Ladang Kelapa Sawit (GRAIN, 2007).

Sesuai dengan namanya, kelapa sawit ditanam untuk mendapatkan minyak sawit dan isirung sawit kerana itu merupakan produk ekonomi yang utama (Khozirah & Khoo, 1991). Selain digunakan sebagai minyak masak, sabun dan lilin, kelapa